

助成番号 0747

異なる食塩濃度におけるペプチド・タンパク質と糖との反応速度について

グエン・ヴァン・チュエン, 山口 敬子, 能見 祐理

日本女子大学家政学部食物学科

概要 食品の加工・貯蔵・調理の過程において、様々な化学反応が食品成分間で起こり、食品の品質に重要な影響を与えている。その代表的な反応のひとつにアミノ・カルボニル反応がある。この反応の後期段階においては、褐色色素や AGEs (Advanced Glycation End products) が形成される。AGEs は食品中および生体内で形成され、特に生体内 AGEs は、老化や糖尿病合併症を引き起こすことが言われている。そのため、近年、食品中の AGEs も生体内 AGEs と同様に、疾病の進展因子となる可能性があるとして問題となっている。また、日本の伝統的な食品である味噌や醤油は、発酵・熟成の工程においてアミノ・カルボニル反応が起き、褐変した食品である。さらに、保水性を向上させるため、味噌には食塩が 12% 前後、醤油には 15% 前後添加されている。アミノ・カルボニル反応は、重金属イオンの存在により影響されることから、食塩濃度の高い食品の加工・調理において、食品中の食塩から生じるイオンがこの反応に何らかの影響を及ぼしている可能性があると考えられる。そこで、本研究では 2 種のタンパク質を用いて、グルコースによる反応における食塩の濃度変化が及ぼす影響について検討を行った。

β -ラクトグロブリンを用いて、タンパク質の褐変反応における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほど褐変度が低くなり、加熱時間が長くなるほどその傾向が顕著にみられた。次に、 β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンをモデルとして、タンパク質の重合度における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほど重合度が低下する傾向がみられ、加熱時間が長くなるほどその傾向が顕著であった。また、 β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンを用いて、アマドリ転位生成物の形成における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、いずれの加熱時間においてもアマドリ転位生成物の形成と食塩濃度との間に関連性がみられなかった。さらに、同タンパク質をモデルとして、タンパク質のグルコース修飾における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほどリジン残存率の減少が低下し、加熱時間が長くなるほどその傾向がみられた。

アミノ・カルボニル反応におけるタンパク質の褐変度、重合度、リジン残存率の変化の結果により、食塩添加がアミノ・カルボニル反応の進行を抑制することが明らかとなった。また、食塩濃度が高くなるほどその抑制効果が顕著となったことから、アミノ・カルボニル反応の抑制に食塩のイオン強度が影響している可能性が示唆された。一方、アマドリ転位生成物の形成においては、食塩添加によるアミノ・カルボニル反応の抑制効果がみられなかった。反応の初期段階に生じるアマドリ転位生成物は、加熱によって中期段階生成物に変化しやすいため、抑制効果が顕著にみられなかったと推察された。

アミノ・カルボニル反応の後期段階に生成される食品中 AGEs は、生体内 AGEs と同様に疾病を促進させる可能性があるため、アミノ・カルボニル反応を制御し、AGEs の生成を抑制することが重要である。また、食品の加工・貯蔵・調理の過程において、アミノ・カルボニル反応を制御することにより、褐色色素の生成を促進または抑制することが可能となる。したがって、食塩の濃度や添加時期などを調節することにより、アミノ・カルボニル反応を制御することは食品加工および栄養学上において重要である。今後は、実際の加工・調理において、食塩添加によるアミノ・カルボニル反応の抑制効果について、反応の後期段階に生成される AGEs を定量することにより検討したいと考えている。

1. 研究目的

食品の加工・貯蔵・調理の過程において、様々な化学反応が食品成分間で起こり、食品の品質に重要な影響を与えている。その代表的な反応のひとつにアミノ・カルボニル反応がある。この反応は、食品中の成分である遊離アミノ酸、アミン、ペプチド、タンパク質などのアミノ化合物と、糖、脂質あるいはそれらの分解生成物であるアルデヒド、ケトンなどのカルボニル化合物が共存することによって起こる非酵素的褐変反応であり、メイラード反応とも呼ばれている。また、この反応は酸素や重金属イオンの存在により影響を受けることが知られている¹⁾。アミノ・カルボニル反応は、初期段階ではシッフ塩基が形成され、酸の触媒下においてアマドリ転位が起き、アマドリ転位生成物が生成される。この生成物は反応の中期段階において分解され、反応性の高い種々のカルボニル化合物が生成される。後期段階ではカルボニル化合物がアミノ化合物と再び反応することにより、メラノイジンや AGEs (Advanced Glycation End products) が形成される。AGEs は食品中および生体内で形成され、特に生体内 AGEs は、老化や糖尿病合併症を引き起こすことが言われている²⁾。そのため、近年、食品中の AGEs も生体内 AGEs と同様に、疾病の進展に関与する可能性があるとして問題となっている³⁾。したがって、食品中で起こるアミノ・カルボニル反応の進行状況を明らかにし、さらにこの反応を制御する因子を解明することは重要であると考えられる。また、日本の伝統的な食品に味噌や醤油があるが、これらの食品の発酵・熟成の工程において、アミノ・カルボニル反応が深く関与している。さらに、保水性を向上させるため、一般的に味噌には食塩が 12% 前後(減塩の場合は 6%程度)、醤油には 15%前後(減塩の場合 7%程度)添加されている。アミノ・カルボニル反応が起こる際に、アミノ化合物はアニオンの形でカルボニル化合物と反応することが知られている⁴⁾。したがって、食品中の食塩から生じるイオンがアミノ・カルボニル反応に影響を及ぼす可能性があり、食品加工および栄養学上の観点より、その影響を解明することは重要であると考えられる。本研究ではこのような背景をもとに、アミノ・カルボニル反応において食塩の濃度が及ぼす影響について検討を行った。なお、アミノ化合物は数種のタンパク質を用い、カルボニル化合物は代表的な還元糖であるグルコースを用いた。

2. 研究方法

2.1 NaCl 添加とタンパク質の糖化

タンパク質試料は β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンを用いた。各種タンパク質、グルコースおよび NaCl は、0.2 M リン酸緩衝液 (pH 6.0) により溶解した。1 mM タンパク質に 0.1 M グルコースを加え、NaCl が 0、0.8、1.6 M と濃度の異なる試料を調製した。ヒートブロックを用いて、70°C で 0、6、12、18、24 時間加熱した。

2.2 吸光度による褐変度の測定

糖化タンパク質試料は、0.2 μ m 膜フィルターを用いて濾過した。UV-VIS 分光光度計を用い、波長 470 nm における吸光度を測定することにより、糖化反応後のタンパク質の褐変度を測定した。

2.3 SDS-PAGE 電気泳動によるタンパク質重合度の確認

凍結乾燥させた糖化タンパク質試料を SDS-PAGE 試料緩衝液と混合し (1 : 1)、2 分間煮沸したものを電気泳動用試料とした。なお、緩衝液には 0.5 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 6.8) 1.25 ml、グリセリン 1.0 g、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) 0.2 g、2-メルカプトエタノール 1.0 ml、ブロムフェノールブルー (BPB) 10 mg を溶解した。 β -ラクトグロブリン用の泳動ゲル (12.5% SDS) は、純水 1.5 ml、30% アクリルアミド保存液 3.75 ml、1.5 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 8.8) 3.75 ml、10% 過硫酸アンモニウム 80 μ l、N',N',N',N'-テトラメチルエチレンジアミン (TEMED) 10 μ l を混合して作成した。血清アルブミン用の泳動ゲル (7.5% SDS) は、純水 4.5 ml、30% アクリルアミド保存液 2.25 ml、1.5 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 8.8) 2.25 ml、10% 過硫酸アンモニウム 80 μ l、N',N',N',N'-テトラメチルエチレンジアミン (TEMED) 10 μ l を混合して作成した。電気泳動装置により 45 分間泳動した後、Gel Code Blue Stain Reagent により染色し、純水により洗浄した。染色ゲルはデンストグラフを用いて解析を行い、各バンドの比率を測定した^{5,6)}。

2.4 HPLC によるアマドリ転位生成物の定量

凍結乾燥させた糖化タンパク質試料を、タンパク質含量が 25 mg 前後になるようにスクリー管に秤量し、8 N HCl を 4 ml 加えた後に N₂ を 2 分間吹き付けてから栓をし、110°C、23 時間加水分解を行った。酸加水分解試料は 0.2 μ M 膜フィルターを用いて濾過した後、固相抽出を行った。固相抽出カートリッジ (Bond Elut-C18 100 mg 1 ml, Varian)

は、まずメタノール 1 ml、次に超純水 3 ml を用いてコンデ
イショニングを行った。次に濾過後試料 0.5 ml をロードし、8
N HCl 0.5 ml で溶出した。その溶出液を HPLC 分析の試
料として分析を行った。HPLC の分析条件は以下の通りで
ある。

分析装置: HPLC-10Avp (Shimadzu)

カラム: Intersil Peptides C18 (GL Science, $\phi 4.6 \times 250$ mm)

カラム温度: 30°C

流速: 1.0 ml/min

検出器: SPD-M10Avp ダイオードアレイ検出器
(Shimadzu)

検出波長: 280 nm

溶出条件: (5 mM ヘプタスルホン酸/0.2% ギ酸/超純
水) / (0.2% ギ酸/アセトニトリル) = 80/20

サンプル注入量: 20 μ l

フロシン標準品 (Neosystem) は 8 N HCl を用いて 0.5、
1.0、5.0、10.0、50.0 μ g/ml に希釈し、固相抽出を行った後
に検量線を作成した ($R^2 = 0.9998$)。分析後、フロシン量に
2.776 を乗じてアマドリ転位生成量に換算した^{7,8)}。

2.5 アミノ酸アナライザーによるリジン残存率の測定

アミノ酸混合標準液、H 型 (和光純薬工業株式会社) の
20 倍希釈をスタンダードとした。このときの希釈はクエン酸
緩衝液 (pH 2.2) で行った。

凍結乾燥させた糖化タンパク質試料をタンパク質含量 5
mg となるように加水分解管に採取し、12 N HCl で 110°C、
24 時間の加水分解後、エバポレーターによって減圧下で、
HCl を除去した。それをクエン酸緩衝液 (pH 2.2) で希釈し、
アミノ酸アナライザー (JASCO LCCS-905) により、リジン量
を測定した。また、NaCl 濃度 0 M の加熱時間 0 時間を
100% としてリジン残存率を求めた。アミノ酸アナライザーの
分析条件は以下の通りである。

分析装置: LC-905 型 (日本分光 GULLIVER)

検出器: UV-970

検出波長: 570 nm, 470 nm

カラム: AApak Na⁺ (6.0 mm I.D. \times 100 mm)

カラム温度: 60°C

溶出条件: 1st Buffer 0.2 N-Na⁺, pH 3.06

: 2nd Buffer 0.2 N-Na⁺, pH 4.25

: 3rd Buffer 0.2 N-Na⁺, pH 10.50

: 4th Solution 0.2 M-NaOH

流速: 0.6 ml/min.

ニンヒドリン反応液 A: Jas-Nin kit(A)

ニンヒドリン反応液 B: Jas-Nin kit(B)

反応液流速: 0.5 ml/min.

反応槽温度: 120°C

3. 結果および考察

3.1 NaCl 添加によるタンパク質試料の糖化反応

タンパク質の糖化反応における NaCl 濃度による影響を
検討するため、乳清タンパク質の主要な成分である β -ラク
トグロブリンをモデルとして用い、NaCl 濃度 0、0.8、1.6 M
の条件における褐変度を比較した。さらに、加熱時間によ
る影響も検討するために 70°C で 0、6、12、18、24 時間加
熱した試料を比較した。NaCl 添加 β -ラクトグロブリンの糖
化反応後の褐変度を Fig. 1 に示した。

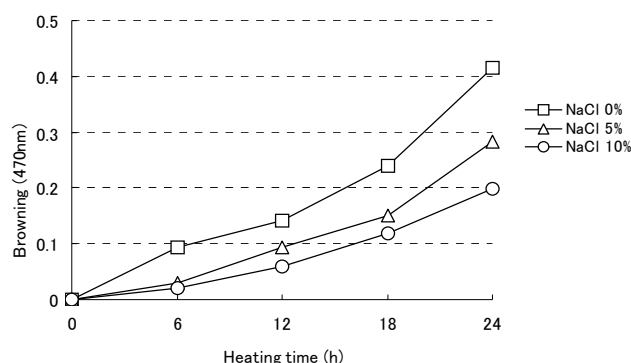


Fig. 1. NaCl concentration in relation to degree of browning on the reaction between β -lactoglobulin and glucose. Samples were heated at 70°C.

糖化 β -ラクトグロブリンは、いずれの NaCl 濃度におい
ても加熱時間にもない褐変度が増加した。また、NaCl 濃
度 0.8 M、1.6 M においては、加熱時間が長くなるほど褐変
反応の抑制傾向がみられ、NaCl 濃度が高くなるほどその
抑制効果が顕著であった。

以上の結果により、 β -ラクトグロブリンをモデルとした場
合は、NaCl の添加がアミノ・カルボニル反応の進行を抑制
することが明らかとなり、NaCl のイオン強度が影響してい
ることが示唆された。

3.2 NaCl 添加によるタンパク質試料の重合

アミノ・カルボニル反応の終期段階においては、タンパ
ク質構造中にクロスリンクの形成がみられるため、タンパク

質の重合におけるNaCl濃度の影響を検討した。β-ラクトグロブリンおよび血清アルブミンをモデルとして用い、NaCl濃度0、0.8、1.6 Mの条件における重合度を比較した。さらに、加熱時間による影響も検討するために70°Cで0、6、12、18、24時間加熱した試料を比較した。

NaCl添加によるβ-ラクトグロブリンの糖化反応後の重合度をFig. 2に示した。また、NaCl添加血清アルブミンの糖化反応後の重合度をFig. 3に示した。両試料ともに、いずれのNaCl濃度においても加熱時間にとまない重合度が増加した。さらに、NaCl濃度が高くなるほど重合度が低下する傾向がみられ、アミノ・カルボニル反応における重合化を抑制することが明らかとなった。また、両試料ともにアミノ・カルボニル反応の進行の抑制に、NaClのイオン強度が影響している可能性が示唆された。

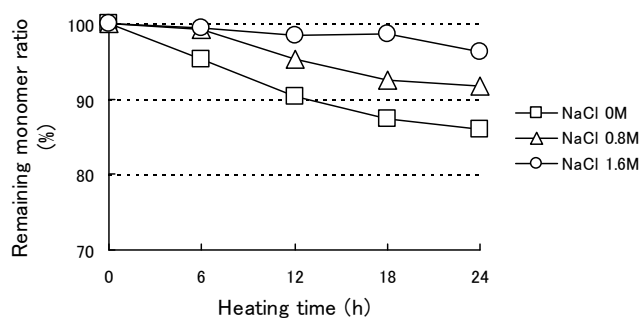


Fig. 2. The effect of NaCl concentration on the polymerization of β-lactoglobulin in the reaction with glucose. Samples were heated at 70°C.

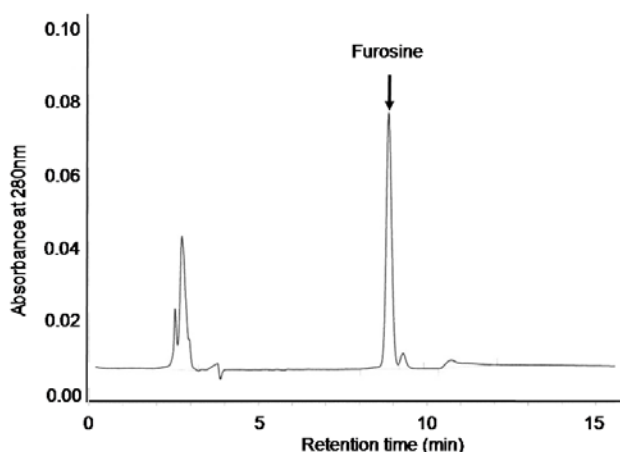


Fig. 4. HPLC chromatogram of furosine standard after solid-phase extraction.

3. 3 NaCl 添加によるタンパク質試料のアマドリ転位生成物の変化

アミノ・カルボニル反応の中期段階においては、アマドリ転位生成物が形成されるため、これら生成物の形成におけるNaCl濃度の影響を検討した。β-ラクトグロブリンおよび血清アルブミンをモデルとして用い、NaCl濃度0、0.8、1.6 Mの条件下におけるアマドリ転位生成物の生成量を比較した。さらに、加熱時間による影響も検討するために70°Cで0、6、12、18、24時間加熱した試料を比較した。

フロシン標品およびタンパク質試料(NaCl無添加β-ラクトグロブリン、24時間加熱)のHPLCクロマトグラムをFig. 4、Fig. 5に示した。フロシン標準品の分析を行ったところ、9分前後にフロシンが検出されたため、試料の分析においてもこの時間に検出されたピークを各試料のフロシン成分とした。

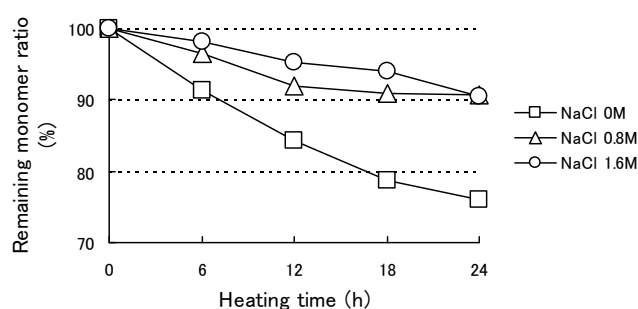


Fig. 3. The effect of NaCl concentration on the polymerization of serum albumin in the reaction with glucose. Samples were heated at 70°C.

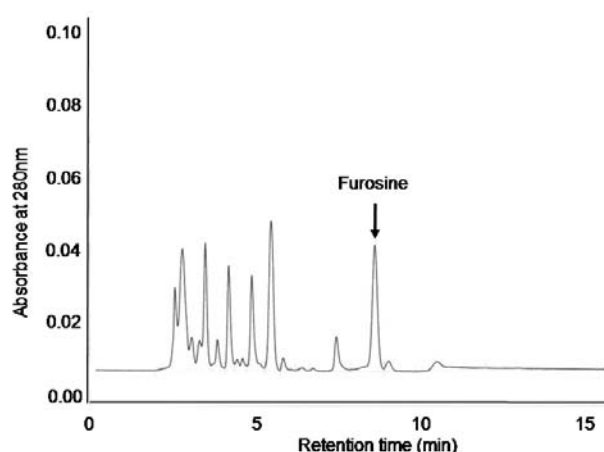


Fig. 5. HPLC chromatogram of an acid hydrolysate of β-lactoglobulin sample after solid-phase extraction. Sample was heated at 70°C for 24 h.

NaCl 添加 β -ラクトグロブリンの糖化反応後のアマドリ転位生成物の量を Fig. 6 に示した。また、NaCl 添加血清アルブミンの糖化反応後のアマドリ転位生成物の量を Fig. 7 に示した。両試料ともに、いずれの NaCl 濃度においても加熱時間にもない生成量が増加した。しかし、NaCl 添加によるアマドリ転位生成物の減少傾向はみられなかった。アミノ・カルボニル反応の初期段階に生じるアマドリ転位生成物は、加熱によって脱水反応を起こし、1,2-エミナールや 2,3-エンジオールといった中期段階生成物に変化しやすいことが知られている。そのため、アマドリ転位生成物の定量による検討では、NaCl 添加によるアミノ・カルボニル反応の抑制傾向がみられなかったことが推測された。

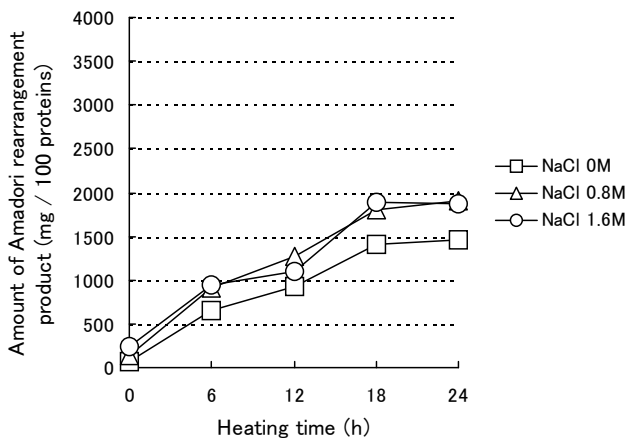


Fig. 6. The effect of NaCl concentration on the amount of Amadori rearrangement product in the reaction between β -lactoglobulin and glucose. Samples were heated at 70°C.

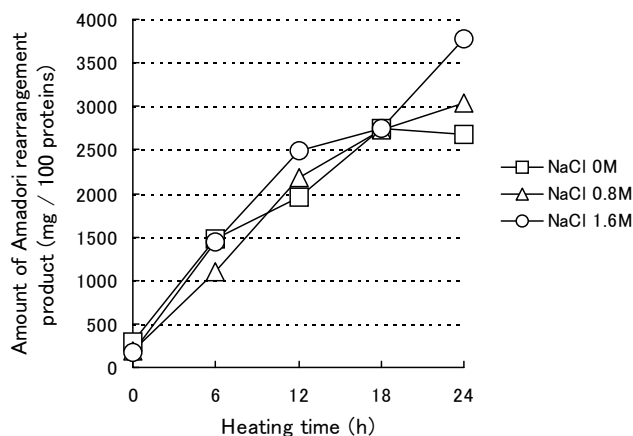


Fig. 7. The effect of NaCl concentration on the amount of Amadori rearrangement product in the reaction between serum albumin and glucose. Samples were heated at 70°C.

3. 4 NaCl 添加によるタンパク質試料のリジン残存率の変化

タンパク質構造中のリジン残基をアミノ酸アナライザーにより測定した。リジンは必須アミノ酸のひとつであり、栄養的に重要なタンパク質であるが、アミノ・カルボニル反応によって損傷を受けやすく栄養価の低下が問題とされている。グルコースによる修飾反応は、タンパク質構造中の塩基性アミノ酸あるいは N 末端アミノ酸のアミノ基にグルコースのカルボニル基が反応して引き起こされる。その中でも特にリジン残基の ϵ -アミノ基はグルコースとの反応性が高い。そこで本研究では、タンパク質中のリジン残基の残存率を修飾の程度とみなした。

β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンをモデルとして用い、タンパク質のグルコース修飾における NaCl 濃度の影響を検討した。NaCl 濃度 0、0.8、1.6 M の条件におけるリジン残存率を比較した。さらに、加熱時間による影響も検討するために 70°C で 0、6、12、18、24 時間加熱した試料を比較した。

NaCl 添加 β -ラクトグロブリンの糖化反応後のリジン残存率を Fig. 8 に示した。また、NaCl 添加血清アルブミンの糖化反応後のリジン残存率を Fig. 9 に示した。両試料ともに、いずれの NaCl 濃度においても加熱時間にもないリジン残存率の減少傾向がみられた。さらに、NaCl 濃度が高くなるほどリジン残存率の減少が低下し、アミノ・カルボニル反応におけるグルコース修飾が抑制されることが明らかとなった。また、両試料ともにアミノ・カルボニル反応の進行の抑制に、NaCl のイオン強度が影響している可能性が示唆された。

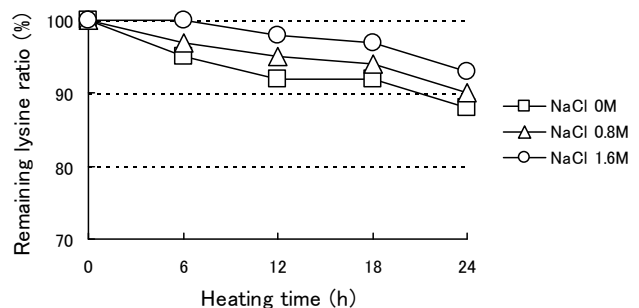


Fig. 8. The effect of NaCl concentration on the remaining lysine ratio in the reaction between β -lactoglobulin and glucose. Samples were heated at 70°C.

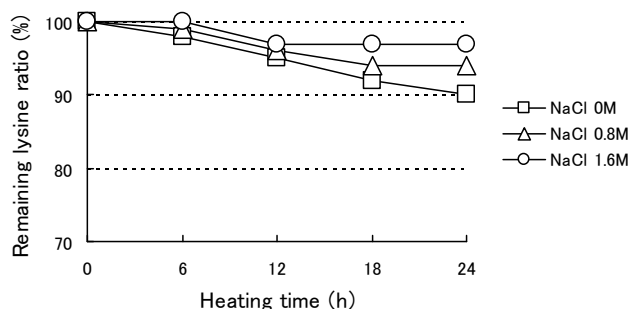


Fig. 9. The effect of NaCl concentration on the remaining lysine ratio in the reaction between serum albumin and glucose. Samples were heated at 70°C.

4. 結論

β -ラクトグロブリンを用いて、タンパク質の褐変反応における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほど褐変度が低くなり、加熱時間が長くなるほどその傾向が顕著にみられた。次に、 β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンをモデルとして、タンパク質の重合度における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほど重合度が低下する傾向がみられ、加熱時間が長くなるほどその傾向が顕著であった。また、 β -ラクトグロブリンおよび血清アルブミンを用いて、アマドリ転位生成物の形成における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、いずれの加熱時間においてもアマドリ転位生成物の形成と食塩濃度との間に関連性がみられなかった。さらに、同タンパク質をモデルとして、タンパク質のグルコース修飾における食塩濃度および加熱時間による影響を検討した。その結果、食塩濃度が高くなるほどリジン残存率の減少が低下し、加熱時間が長くなるほどその傾向がみられた。

アミノ・カルボニル反応におけるタンパク質の褐変度、重合度、リジン残存率の結果により、食塩の添加がアミノ・カルボニル反応の進行を抑制することが明らかとなった。また、食塩濃度が高くなるほどその抑制効果が顕著となったことから、アミノ・カルボニル反応の抑制に食塩のイオン強度が影響していることが示唆された。一方、アマドリ転位生成物の形成においては、食塩添加によるアマドリ転位生成物の形成の抑制効果がみられなかった。反応の初期段階に生じるアマドリ転位生成物は、加熱によって中期段階生

成物に変化しやすいため、抑制効果が顕著にみられなかったと推察された。

アミノ・カルボニル反応の後期段階に生成される AGEs は、食品中および生体内において形成される。生体内 AGEs が糖尿病合併症や老化を進行させることから、食品中 AGEs も同様に疾病の進展因子となる可能性がある^{2,3)}。そのため、アミノ・カルボニル反応を制御し、AGEs の生成を抑制することが重要であると思われる。また、食品の加工・貯蔵・調理の過程において、アミノ・カルボニル反応を制御することにより、褐色色素の生成を促進または抑制することが可能となる。したがって、食塩の濃度や添加時期などを調節することにより、アミノ・カルボニル反応を制御することは食品加工および栄養学上の観点より極めて重要である。今後は、実際の加工・調理において、食塩添加によるアミノ・カルボニル反応の抑制効果について、反応の後期段階に生成される AGEs を定量することにより検討したいと考えている^{9,10)}。

参考文献

- 1) 加藤博通, 倉田忠男: 食品の科学 6 食品保蔵学, 文永堂出版, 108-133, 1999
- 2) 八木橋操六: 臨床医のための糖尿病病理, 診断と治療社, 2004
- 3) Jaime Uribarri, Weijing Cai, Oana Sandu, Melpomeni Peppas, Teresia Goldberg, Helen Vlassara, Diet-driven Advanced Glycation End products are major Contribution to the body's AGE pool and induce inflammation in healthy subjects, *Ann N Y Acad sci*, Vol.1043, 461-466, 2005
- 4) N. V. Chuyen, T. Kurata and M. Fujimaki, Studies on the Strecker Degradation of Alanine with Glyoxal, *Agric. Biol. Chem.*, 36 (7), 1199-1207, 1972
- 5) Marion A. M. Hoffmann and Peter J. J. M. van Mil, Heat-Induced Aggregation of β -Lactoglobulin: Role of the Free Thiol Group and Disulfide Bonds, *J. Agric. Food Chem.*, Vol.45, 2942-2948, 1997
- 6) Douglas G. Dalgleish, Vinitha Senaratne, and Sophie Francois, Interactions between α -Lactalbumin and β -Lactoglobulin in the Early Stages of Heat Denaturation, *J. Agric. Food Chem.*, Vol.45, 3459-3464, 1997

- 7) Molna' R-peal I, Pinte'R-Szaka'CS M, Wittmann R, Reutter M, Eichin ER K, Optium yield of pyridosine and furosine originating from maillard reactions monitored by ion-exchange chromatography, *J chromatogr*, Vol.361, 311-320, 1986
- 8) Tokusoglu OEzlem, Akalin A. Sibel, Unal Kemal, Rapid high performance liquid chromatographic detection of furosine (ϵ -N-2-furoylmethyl-L-lysine) in yogult and cheese marketed in Turkey, *J Food Qual*, Vol.29, No.1, 38-46, 2006
- 9) Weijing Cai, Qiao-di Gao, Li Zhu, Melpomeni Peppas, Gijiang He and Helen Vlassara, Oxidative Stress-Inducing Carbonyl Compounds From Common Foods: Novel Mediators of Cellular Dysfunction, *Molecular Medicine*, Vol8. (7), 337-346, 2002
- 10) Goldberg T, Cai W, Peppas M, Dardaine V, Baliga B S, Uribarri J, Vlassara H, Advanced Glycoxidation End Products in Commonly Consumed Foods, *J Am Diet Assoc*, Vol.104 (8), 1287-1291, 2004

No. 0747

Effect of Sodium Chloride Concentration on the Reaction Rate of Peptide and Protein with Glucose

Chuyen Nguyen Van, Yamaguchi Keiko, Nomi Yuri

Japan Women's University, Department of Food & Nutrition

Summary

During the food processing, storage and cooking process, the reaction between amino group with carbonyl group occurs. This reaction was named Amino-carbonyl reaction or Maillard reaction. In the late stage of this reaction, brown Melanoidin and AGEs (Advanced Glycation End products) are formed. AGEs are also generated *in vivo*. AGEs *in vivo* and in foods are considered to relate with ageing and diabetes. Traditional foods of Japan such as soy paste and soy sauce contained a high concentration of sodium chloride such as 12% and 15% respectively. In the Amino-carbonyl reaction, amino group often reacts with carbonyl under the form of anion, therefore, there is a possibility that sodium or chloride ions from sodium chloride concentration affects the reaction rate of this reaction. In this research, we used some oligo-peptides and 2 model proteins (beta-galactoglobulin and albumin) in the reaction with glucose to make clear this problem.

The results showed that:

- 1) Sodium chloride concentration retarded the reaction rate of proteins (beta-galactoglobulin, or albumin) with glucose, by the measuring of browning color at 470 nm, polymerization degree, and the loss of lysine.
- 2) The sodium chloride concentration has no effect on the generation of Amadori compound in the reaction of proteins with glucose.

From the above results, it can be concluded that high sodium chloride concentration retard the reaction rate of protein with glucose. It is hoped that the results of this study will be applied for the control of Amino-carbonyl reaction rate in the Food Industry.